

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 102 43 603.7

Anmeldetag: 19. September 2002

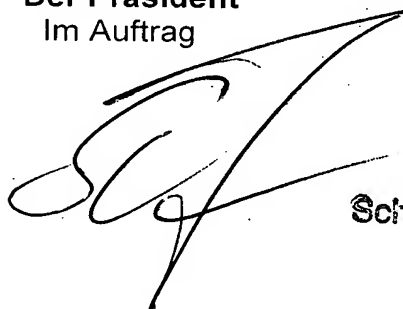
Anmelder/Inhaber: Infineon Technologies AG, München/DE

Bezeichnung: Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät, Halbleiter-Bauelement-Test-System und Halbleiter-Bauelement-Test-Verfahren zum Messen und Trimmen der Ausgangsimpedanz von Treiber-Einrichtungen

IPC: G 01 R, G 11 C

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 28. Oktober 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Schäfer

Beschreibung

Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät, Halbleiter-Bauelement-Test-System und Halbleiter-Bauelement-Test-Verfahren zum Messen
5 und Trimmen der Ausgangsimpedanz von Treiber-Einrichtungen

Die Erfindung betrifft ein Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät,
ein Halbleiter-Bauelement-Test-System, und ein Halbleiter-
10 Bauelement-Test-Verfahren, insbesondere ein Verfahren zum
Messen bzw. Trimmen der Impedanz von in einem Halbleiter-
Bauelement vorgesehenen Treiber-Einrichtungen.

Halbleiter-Bauelemente, z.B. entsprechende, integrierte
15 (analoge bzw. digitale) Rechenschaltkreise, Halbleiter-
Speicherbauelemente wie z.B. Funktionsspeicher-Bauelemente
(PLAs, PALs, etc.) und Tabellenspeicher-Bauelemente (z.B.
ROMs oder RAMs, insbesondere SRAMs und DRAMs), etc. werden -
z.B. im fertigen, und/oder im halbfertigen Zustand -
20 umfangreichen Tests unterzogen.

Beispielsweise kann - im Rahmen eines derartigen Tests - bei
bestimmten DRAMs (Dynamic Random Access Memories bzw.
dynamische Schreib-Lese-Speicher), insbesondere bei DDR-DRAMs
25 (Double Data Rate - DRAMs bzw. DRAMs mit doppelter Datenrate)
die Ausgangsimpedanz der im Chip bzw. im Halbleiter-
Bauelement vorgesehenen Treiber-Einrichtungen an die Impedanz
der Signalleitungen angepasst werden.

30 Jede Treiber-Einrichtung kann z.B. eine Pull-Up-, und eine
Pull-Down-Schalteneinrichtung aufweisen, die in Reihe
geschaltet sind.

Die Pull-Up-Schalteneinrichtung ist z.B. an
35 Versorgungsspannung, und die Pull-Down-Schalteneinrichtung an
die Erde angeschlossen.

- Zur Ausgabe einer „logischen Eins“ (während des regulären Betriebs des Halbleiter-Bauelements) kann die Pull-Up-Schalteneinrichtung eingeschaltet, d.h. in einen leitenden Zustand gebracht, und die Pull-Down-Schalteneinrichtung
- 5 ausgeschaltet, d.h. in einen gesperrten Zustand gebracht werden - an einem zwischen die Pull-Up- und die Pull-Down-Schalteneinrichtung geschalteten Ausgangs-Pad wird dann ein „logisch hohes“ Ausgangssignal ausgegeben.
- 10 Entsprechend wird - während des regulären Betriebs des Halbleiter-Bauelements - zur Ausgabe einer „logischen Null“ die Pull-Up-Schalteneinrichtung ausgeschaltet, d.h. in einen gesperrten Zustand gebracht, und die Pull-Down-
- 15 Schalteneinrichtung eingeschaltet, d.h. in einen leitenden Zustand gebracht, so dass an dem Ausgangs-Pad dann entsprechend ein „logisch niedriges“ Ausgangssignal ausgegeben wird.
- Die Pull-Up- und die Pull-Down-Einrichtungen können z.B.
- 20 jeweils eine Vielzahl von - parallelgeschalteten - Transistoren aufweisen (z.B. die Pull-Up-Einrichtung eine Vielzahl von p-Kanal-, und die Pull-Down-Einrichtung eine Vielzahl von n-Kanal-MOSFETs).
- 25 Die Ausgangsimpedanz der im Chip bzw. im Halbleiter-Bauelement vorgesehenen Treiber-Einrichtungen kann während des Test-Betriebs des Halbleiter-Bauelements (d.h. im Rahmen eines entsprechenden Test-Verfahrens) z.B. dadurch an die
- 30 Impedanz der Signalleitungen angepasst werden, dass mittels einer sog. Laser-Fuse-Methode von Chip zu Chip (bzw. von Treiber-Einrichtung zu Treiber-Einrichtung) unterschiedlich viele Transistoren in den jeweiligen Treiber-Einrichtungen in einen „zugeschalteten“ Zustand gebracht werden (d.h. später dann beim regulären Betrieb des Halbleiter-Bauelements zum
- 35 Treiben von Signalen verwendet werden), bzw. in einem „nicht zugeschalteten“ Zustand belassen werden (d.h. später beim

regulären Betrieb des Halbleiter-Bauelements nicht zum Treiben von Signalen verwendet werden).

Um zu bestimmen, wieviele (bzw. welche) Transistoren -
5 mittels Laser-Fuse - in einen „zugeschalteten“ Zustand
gebracht, und wieviele (bzw. welche) Transistoren in einem
„nicht zugeschalteten“ Zustand belassen werden sollen (sog.
„Treiber-Setting“ bzw. Treiber-Einstellung) kann zunächst die
Pull-Up-Schalteneinrichtung eingeschaltet, und die Pull-Down-
10 Schalteneinrichtung ausgeschaltet werden (von der Treiber-
Einrichtung wird dann ein „logisch hoher“ Ausgangs-Signal-
Pegel getrieben).

Daraufhin wird am o.g. Ausgangs-Pad - z.B. mittels einer
15 entsprechenden Signal-Nadel - eine Referenz-Spannung
angelegt, und dann für alle möglichen Treiber-Settings bzw.
Treiber-Einstellungen die Stärke des von der
Versorgungsspannung über die Pull-Up-Schalteneinrichtung zum
Ausgangs-Pad fließenden Stroms gemessen.

20 Aus der gemessenen Stromstärke kann - auf an sich bekannte
Weise - für das jeweilige Treiber-Setting die jeweils
geltende Ausgangsimpedanz der Pull-Up-Schalteneinrichtung
bestimmt werden (und somit dasjenige Treiber-Setting
25 ausgewählt werden, bei dem die Ausgangsimpedanz der Pull-Up-
Schalteneinrichtung - möglichst genau - der gewünschten Pull-
Up-Schalteneinrichtungs-Ausgangsimpedanz entspricht).

Daraufhin kann (entsprechend umgekehrt) die Pull-Up-
30 Schalteneinrichtung aus-, und die Pull-Down-Schalteneinrichtung
eingeschaltet werden (so dass von der Treiber-Einrichtung
dann ein „logisch niedriger“ Ausgangs-Signal-Pegel getrieben
wird), und - wiederum für alle möglichen Treiber-Settings
bzw. Treiber-Einstellungen - die Stärke des dann vom
35 Ausgangs-Pad über die Pull-Down-Schalteneinrichtung zur Erde
fließenden Stroms gemessen werden.

Aus der gemessenen Stromstärke kann dann - auf an sich bekannte Weise - für das jeweilige Treiber-Setting die jeweils geltende Ausgangsimpedanz der Pull-Down-Schalteneinrichtung bestimmt werden (und somit dasjenige
5 Treiber-Setting ausgewählt werden, bei dem die Ausgangsimpedanz der Pull-Down-Schalteneinrichtung - möglichst genau - der gewünschten Pull-Down-Schalteneinrichtungs-Ausgangsimpedanz entspricht (wobei diese möglichst identisch sein sollte, wie die o.g. Pull-Up-Schalteneinrichtungs-
10 Ausgangsimpedanz)).

Bei diesem „Trimming“-Verfahren tritt allerdings das Problem auf, dass - je nach Verschmutzungsgrad der zur Messung verwendeten Signal-Nadel, über die wie oben erläutert eine
15 (Referenz-)Spannung am Ausgangs-Pad angelegt wird - der Signal-Nadel-Kontaktwiderstand stark variieren kann.

Der jeweilige Signal-Nadel-Kontaktwiderstand beeinflusst - auf nur schwer vorhersagbare Weise - die Stärke des durch das
20 Ausgangs-Pad fließenden Stroms (und damit - auf nur schwer vorhersagbare Weise - den jeweils ermittelten Wert für die Ausgangsimpedanz).

Deshalb kann mit dem oben beschriebenen Verfahren die
25 Ausgangsimpedanz nur mit relativ geringer Genauigkeit eingestellt werden.

Die Erfindung hat zur Aufgabe, ein neuartiges Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät, ein neuartiges Halbleiter-Bauelement-Test-System, ein neuartiges Halbleiter-Bauelement, und ein
30 neuartiges Halbleiter-Bauelement-Test-Verfahren, insbesondere ein neuartiges Verfahren zum Messen bzw. Trimmen der Impedanz von in einem Halbleiter-Bauelement vorgesehenen Treiber-
35 Einrichtungen bereitzustellen.

Sie erreicht dieses und weitere Ziele durch die Gegenstände der Ansprüche 1, 12, 13 und 15.

5 Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Gemäß einem Grundgedanken der Erfindung wird ein Verfahren zum Messen bzw. Trimmen der Impedanz von in einem Halbleiter-Bauelement vorgesehenen Treiber-Einrichtungen bereitgestellt, wobei eine jeweils eine Pull-Up-Schalteneinrichtung und eine Pull-Down-Schalteneinrichtung aufweisende Einrichtung, insbesondere Treiber-Einrichtung verwendet wird, und wobei das Verfahren die Schritte aufweist:

- 10 - Gemeinsames Aktivieren sowohl der Pull-Up-Schalteneinrichtung als auch der Pull-Down-Schalteneinrichtung; sowie
- 15 - Ermitteln des durch die Pull-Up-Schalteneinrichtung bzw. die Pull-Down-Schalteneinrichtung fließenden Stroms ($I_{\text{gesamt, korrr}}$) bei - gemeinsam - aktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung.

Vorteilhaft weist das Verfahren zusätzlich den Schritt auf:

- 25 - Ermitteln der über der Pull-Up- bzw. Pull-Down-Schalteneinrichtung (bzw. an einem Ausgangs-Anschluß bzw. Ausgangs-Pad) anliegenden Spannung (U_{Ausgang}) bei - gemeinsam - aktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung.

30 Besonders bevorzugt werden die o.g. Verfahrensschritte mehrfach hintereinander - jeweils bei verschiedenen Settings von in der Pull-Up- bzw. Pull-Down-Schalteneinrichtung enthaltenen Transistoren - durchgeführt.

Aus der - für die entsprechenden Settings - jeweils ermittelten Spannung (U_{Ausgang}), und dem - für die entsprechenden Settings - jeweils ermittelten Strom ($I_{\text{gesamt, korrr}}$) kann - wie weiter unten noch genauer erläutert wird - dasjenige Treibersetting ermittelt werden, bei dem die

Ausgangsimpedanz der Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung - möglichst genau - der gewünschten Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtungsausgangsimpedanz entspricht.

- 5 Da die o.g. Spannung (U_{Ausgang}) stromlos (bzw. nahezu stromlos) gemessen werden kann, wird das Messergebnis durch eine - unkontrollierbar starke - Verschmutzung einer zur Messung der o.g. Spannung (U_{Ausgang}) verwendeten, den Ausgangs-Anschluß bzw. das Ausgangs-Pad kontaktierenden Signal-Nadel nicht
10 (bzw. nur geringfügig) beeinflusst.

Deshalb kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren die Ausgangsimpedanz der jeweiligen Treiber-Einrichtungen mit größerer Genauigkeit eingestellt werden, als beim Stand der
15 Technik.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen und der beigefügten Zeichnung näher
20 erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung des prinzipiellen Aufbaus eines bei der vorliegenden Erfindung verwendeten Halbleiter-Bauelement-Test-Systems;

25

Figur 2 eine schematische Detail-Darstellung eines Abschnitts eines in Figur 1 gezeigten, zu testenden Halbleiter-Bauelements, sowie von Kontakt-Nadeln, die so angeordnet bzw. ausgestaltet sind, dass ein Verfahren zum
30 Messen und Trimmen der Ausgangsimpedanz von Halbleiter-Bauelement-Treiber-Einrichtungen gemäß dem Stand der Technik durchgeführt werden kann; und

Figur 3 eine schematische Darstellung Detail-Darstellung eines Abschnitts eines in Figur 1 gezeigten, zu testenden Halbleiter-Bauelements, sowie von Kontakt-Nadeln, die so angeordnet bzw. ausgestaltet sind, dass ein Verfahren zum
35

Messen und Trimmen der Ausgangsimpedanz von Halbleiter-Bauelement-Treiber-Einrichtungen gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden kann.

5

In Figur 1 ist eine schematische Darstellung des prinzipiellen Aufbaus eines bei der vorliegenden Erfindung verwendeten Halbleiter-Bauelement-Test-Systems 1 gezeigt.

10

Dieses dient dazu, auf einer Silizium-Scheibe bzw. einem Wafer 2 befindliche Halbleiter-Bauelemente 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f zu testen, insbesondere, um die Ausgangsimpedanz von auf dem jeweiligen Halbleiter-Bauelement 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f vorgesehenen Treiber-Einrichtungen zu messen, und an die Impedanz der Signalleitungen anzupassen.

15

Bei den Halbleiter-Bauelementen 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f kann es sich z.B. um entsprechende, integrierte (analoge bzw. digitale) Rechenschaltkreise handeln, oder um Halbleiter-Speicherbauelemente wie z.B. Funktionsspeicher-Bauelemente (PLAs, PALs, etc.) oder Tabellenspeicher-Bauelemente (z.B. ROMs oder RAMS), insbesondere um SRAMs oder DRAMs (hier z.B. um DRAMs (Dynamic Random Access Memories bzw. dynamische Schreib-Lese-Speicher) mit doppelter Datenrate (DDR-DRAMs = Double Data Rate - DRAMs), vorteilhaft um High-Speed DDR-DRAMs).

25

30

Die zum Testen der Halbleiter-Bauelemente 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f benötigten Spannungen bzw. Test-Signale werden von einem Testgerät 4 erzeugt, und an entsprechenden Anschlüssen 6 des Testgeräts 4 ausgegeben.

35

Wie in Figur 1 weiter gezeigt ist, können die Anschlüsse 6 des Testgeräts 4 (über entsprechende Leitungen, hier: eine Anzahl N an Leitungen 7) an entsprechende Anschlüsse einer Halbleiter-Bauelement-Test-Karte 8 bzw. probecard 8

Das Halbleiter-Bauelement 3a weist eine Vielzahl von Treiber-Einrichtungen 12 mit jeweils einer Pull-Up-Schalteneinrichtung 13a, und einer Pull-Down-Schalteneinrichtung 13b auf.

- 5 Wie in Figur 2 gezeigt ist, ist die Pull-Up-Schalteneinrichtung 13a - z.B. über eine Leitung 14a - an einen Versorgungsspannungs-Anschluß 15a angeschlossen, und - z.B. über eine Leitung 14b - an die Pull-Down-Schalteneinrichtung 13b, die - z.B. über eine Leitung 14c - an einen Erde-
10 Anschluß 15b angeschlossen ist.

Die Leitung 14b - und damit auch die Pull-Up-, und die Pull-Down-Schalteneinrichtungen 13a, 13b - sind über eine Leitung 14d mit einem Ausgangs-Pad bzw. Ausgangs-Anschluß 15c
15 verbunden.

- Um - später, während des regulären Betriebs des Halbleiter-Bauelements 3a - eine „logische Eins“ auszugeben, wird die Pull-Up-Schalteneinrichtung 13a - gesteuert von einer
20 Steuerungs-Einrichtung 16a - aktiviert bzw. eingeschaltet, d.h. in einen leitenden Zustand gebracht. Gleichzeitig wird - gesteuert von einer Steuerungs-Einrichtung 16b - die Pull-Down-Schalteneinrichtung 13b deaktiviert bzw. ausgeschaltet, d.h. in einen gesperrten Zustand gebracht. An dem zwischen
25 der Pull-Up- und der Pull-Down-Schalteneinrichtung 13a, 13b geschalteten Ausgangs-Anschluß 15c wird dann ein „logisch. hohes“ Ausgangssignal ausgegeben.

- Entsprechend wird zur Ausgabe einer „logischen Null“ die
30 Pull-Up-Schalteneinrichtung 13a - gesteuert von der Steuerungs-Einrichtung 16a - deaktiviert bzw. ausgeschaltet, d.h. in einen gesperrten Zustand gebracht, und die Pull-Down-Schalteneinrichtung 13b - gesteuert von der Steuerungs-Einrichtung 16b - aktiviert bzw. eingeschaltet, d.h. in einen
35 leitenden Zustand gebracht. An dem zwischen der Pull-Up- und der Pull-Down-Schalteneinrichtung 13a, 13b geschalteten

angeschlossen sein, die - über entsprechende, mit den probecard-Anschlüssen in Verbindung stehende Kontakt-Nadeln 9a, 9b - an entsprechende auf den Halbleiter-Bauelementen 3a, 3b, 3c, 3d, 3e, 3f vorgesehene (Test-)Anschlüsse 10a, 10b
5 angeschlossen werden können.

Die vom Testgerät 4 ausgegebenen Spannungen bzw. Test-Signale können somit - über die Leitungen 7, die Kontakt-Nadeln 9a, 9b der Halbleiter-Bauelement-Test-Karte 8, und die
10 entsprechenden Halbleiter-Bauelement-Anschlüsse 10a, 10b an dem jeweils gewünschten Halbleiter-Bauelement 3a, 3b, 3c, 3d angelegt werden.

Die in Reaktion auf die eingegebenen Test-Signale an
15 entsprechenden Halbleiter-Bauelement-Anschlüssen 10a, 10b ausgegebenen Signale (bzw. die aus den angelegten Spannungen resultierenden Ströme) werden von den entsprechenden Kontakt-Nadeln 9a, 9b der Halbleiter-Bauelement-Test-Karte 8 abgegriffen, und über die o.g. Leitungen 7 entsprechenden
20 Anschlüssen des Testgeräts 4 zugeführt, wo dann eine Auswertung der entsprechenden Signale bzw. Ströme stattfinden kann.

25 Figur 2 zeigt eine schematische Detail-Darstellung eines Abschnitts eines in Figur 1 gezeigten, zu testenden Halbleiter-Bauelements (hier: einen Abschnitt des Halbleiter-Bauelements 3a), sowie von Kontakt-Nadeln (hier: der Kontakt-Nadel 9a, sowie von weiteren Kontakt-Nadeln 11a, 11b, 11c),
30 die so angeordnet bzw. ausgestaltet sind, dass ein Verfahren zum Messen und Trimmen der Ausgangsimpedanz von Halbleiter-Bauelement-Treiber-Einrichtungen (insbesondere zum Anpassen der Ausgangsimpedanz an die Impedanz der Signalleitungen) gemäß dem Stand der Technik durchgeführt werden kann.

Ausgangs-Anschluß 15c wird dann ein „logisch niedriges“ Ausgangssignal ausgegeben.

5 Die Pull-Up- und die Pull-Down-Einrichtung 13a, 13b weisen jeweils eine Vielzahl von - parallelgeschalteten - Transistoren auf (z.B. die Pull-Up-Einrichtung eine Vielzahl von p-Kanal-, und die Pull-Down-Einrichtung eine Vielzahl von n-Kanal-MOSFETs).

10 Um zu bestimmen, wieviele bzw. welche Transistoren genau - beim späteren regulären Betrieb des Halbleiter-Bauelements 3a - verwendet, und welche nicht verwendet werden sollen (d.h. zum Einstellen des Treiber-Settings, und damit der Ausgangsimpedanz) wird - wie in Figur 2 durch die
15 durchgezogenen Linien veranschaulicht ist - die Pull-Up-Schalteneinrichtung 13a eingeschaltet, und - wie in Figur 2 durch die gestrichelten Linien veranschaulicht ist - die Pull-Down-Schalteneinrichtung 13b ausgeschaltet.

20 Des weiteren wird - mittels der den Versorgungsspannungs-Anschluß 15a kontaktierenden Nadeln 11a, 11b, 11c - eine Versorgungsspannung V_{ddq} an den Versorgungsspannungs-Anschluß 15a angelegt; von der Treiber-Einrichtung 12 wird dann am
25 Ausgangs-Anschluß 15c ein „logisch hoher“ Ausgangs-Signal-Pegel getrieben.

Des weiteren wird am Ausgangs-Anschluß 15c - mittels der den Ausgangs-Anschluß 15c kontaktierenden Nadel 9a - eine
30 Spannung U_{pad} angelegt, deren Höhe z.B. der Hälfte desjenigen Spannungs-Pegels $U_{pull-up}$ entspricht, der von der Treiber-Einrichtung 12 - eigentlich - am Ausgangs-Anschluß 15c getrieben werden soll.

35 Daraufhin wird - für alle möglichen Treiber-Settings bzw. Treiber-Einstellungen - die Stärke des vom Versorgungsspannungs-Anschluß 15a über die Pull-Up-

Schalteinrichtung 13a zum Ausgangs-Anschluß 15c fließenden Stroms I gemessen.

Aus der gemessenen Stromstärke I (und dem Unterschied
5 zwischen dem Spannungspegel $U_{\text{Pull-Up}}$, und der Höhe der am Ausgangs-Anschluß angelegten Spannung U_{Pad}) kann z.B. gemäß der Formel

$$R_{\text{Pull-Up}} = (U_{\text{Pull-Up}} - U_{\text{Pad}}) / I$$

10 - für das jeweilige Treiber-Setting - die jeweils geltende Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Up}}$ der Pull-Up-Schalteinrichtung bestimmt werden (und somit dasjenige Treiber-Setting ausgewählt werden, bei dem die Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Up}}$ der
15 Pull-Up-Schalteinrichtung - möglichst genau - der gewünschten Pull-Up-Schalteinrichtungs-Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Up, soll}}$ entspricht).

Daraufhin kann (entsprechend umgekehrt wie oben beschrieben)
20 die Pull-Up-Schalteinrichtung 13a aus-, und die Pull-Down-Schalteinrichtung 13b eingeschaltet werden (so dass von der Treiber-Einrichtung 12 dann ein „logisch niedriger“ Ausgangs-Signal-Pegel getrieben wird), und - wiederum für alle
25 möglichen Treiber-Settings bzw. Treiber-Einstellungen - die Stärke des dann vom Ausgangs-Pad 15c über die Pull-Down-Schalteinrichtung 13b zur Erde fließenden Stroms I' gemessen werden (und aus der gemessenen Stromstärke I' (entsprechend
ähnlich wie oben beschrieben) für das jeweilige Treiber-Setting die jeweils geltende Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Down}}$ der
30 Pull-Down-Schalteinrichtung 13b bestimmt werden).

Auf diese Weise kann - entsprechend wie bei der Pull-Up-Schalteinrichtung 13a - dasjenige Treiber-Setting bestimmt werden, bei dem die Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Down}}$ der Pull-Down-Schalteinrichtung 13b - möglichst genau - der gewünschten
35 Pull-Down-Schalteinrichtungs-Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Down, soll}}$ entspricht (wobei diese möglichst identisch sein sollte, wie

die o.g. (gewünschte) Pull-Up-Schalteinrichtungs-Ausgangs-impedanz $R_{\text{Pull-Up}}$ bzw. $R_{\text{Pull-Up, soll}}$)).

- 5 In Figur 3 ist eine schematische Detail-Darstellung eines Abschnitts eines in Figur 1 gezeigten, zu testenden Halbleiter-Bauelements (hier: ein Abschnitt des Halbleiter-Bauelements 3b), sowie von Kontakt-Nadeln (hier: der Kontakt-Nadel 9b, sowie von weiteren Kontakt-Nadeln 111a, 111b, 111c, 10 111d, 111e, 111f) gezeigt, die so angeordnet bzw. ausgestaltet sind, dass ein Verfahren zum Messen und Trimmen der Ausgangsimpedanz von Halbleiter-Bauelement-Treiber-Einrichtungen (insbesondere zum Anpassen der Ausgangsimpedanz an die Impedanz der Signalleitungen) gemäß einem 15 Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung durchgeführt werden kann.

- Das Halbleiter-Bauelement 3b weist - entsprechend wie die übrigen Halbleiter-Bauelemente 3a, 3c, 3d, 3e, 3f auf dem in 20 Figur 1 gezeigten Wafer 2 - eine Vielzahl von Treiber-Einrichtungen 112 mit jeweils einer Pull-Up-Schalteinrichtung 113a, und einer Pull-Down-Schalteinrichtung 113b auf.

- Die Pull-Up-Schalteinrichtung 113a ist - z.B. über eine 25 Leitung 114a - an einen Versorgungsspannungs-Anschluß 115a angeschlossen, und - z.B. über eine Leitung 114b - an die Pull-Down-Schalteinrichtung 113b, die - z.B. über eine Leitung 114c - an einen Erde-Anschluß 115b angeschlossen ist.

- 30 Die Leitung 114b - und damit auch die Pull-Up-, und die Pull-Down-Schalteinrichtungen 113a, 113b - sind über eine Leitung 114d mit einem Ausgangs-Pad bzw. Ausgangs-Anschluß 115c verbunden.

- 35 Um - später, während des regulären Betriebs des Halbleiter-Bauelements 3b - eine „logische Eins“ auszugeben, wird die Pull-Up-Schalteinrichtung 113a - gesteuert von einer

Steuerungs-Einrichtung 116a - aktiviert bzw. eingeschaltet, d.h. in einen leitenden Zustand gebracht. Gleichzeitig wird - gesteuert von einer Steuerungs-Einrichtung 116b - die Pull-Down-Schalteneinrichtung 113b deaktiviert bzw. ausgeschaltet, d.h. in einen gesperrten Zustand gebracht. An dem zwischen der Pull-Up- und der Pull-Down-Schalteneinrichtung 113a, 113b geschalteten Ausgangs-Anschluß 115c wird dann ein „logisch hohes“ Ausgangssignal ausgegeben (z.B. ein Spannungspegel von 1,8 V).

Entsprechend wird zur Ausgabe einer „logischen Null“ die Pull-Up-Schalteneinrichtung 113a - gesteuert von der Steuerungs-Einrichtung 116a - deaktiviert bzw. ausgeschaltet, d.h. in einen gesperrten Zustand gebracht, und die Pull-Down-Schalteneinrichtung 113b - gesteuert von der Steuerungs-Einrichtung 116b - aktiviert bzw. eingeschaltet, d.h. in einen leitenden Zustand gebracht. An dem zwischen der Pull-Up- und der Pull-Down-Schalteneinrichtung 113a, 113b geschalteten Ausgangs-Anschluß 115c wird dann ein „logisch niedriges“ Ausgangssignal ausgegeben (z.B. ein Spannungspegel von 0 V).

Die Pull-Up- und die Pull-Down-Einrichtung 113a, 113b weisen jeweils eine Vielzahl, z.B. 4 - parallelgeschaltete - Transistoren auf (z.B. die Pull-Up-Einrichtung eine Vielzahl, z.B. 4 p-Kanal-, und die Pull-Down-Einrichtung eine Vielzahl, z.B. 4 n-Kanal-MOSFETs).

Dabei können die Sourcen der (Pull-Up-) p-Kanal-MOSFETs über entsprechende Leitungen miteinander verbunden, und über die o.g. Leitung 114a an den Versorgungsspannungs-Anschluß 115a angeschlossen sein. Des weiteren können - mittels entsprechender, weiterer Leitungen - auch die Drains der (Pull-Up-) p-Kanal-MOSFETs miteinander verbunden sein, und über die o.g. Leitung 114b, und die o.g. Leitung 114d an den Ausgangs-Anschluß 115c angeschlossen sein.

Entsprechend ähnlich können die Sourcen der (Pull-Down-) n-Kanal-MOSFETs über entsprechende Leitungen miteinander verbunden, und über die o.g. Leitung 114c an den Erde-Anschluß 115b angeschlossen sein, und können die Drains der
5 (Pull-Down-) n-Kanal-MOSFETs miteinander verbunden, und an die o.g. Leitungen 114b, 114d angeschlossen sein.

Die Ausgangsimpedanz der Treiber-Einrichtung 112 bzw. der weiteren im Bauelement 3b vorgesehenen Treiber-Einrichtungen
10 kann während des Test-Betriebs des Halbleiter-Bauelements (d.h. im Rahmen des o.g. Ausgangsimpedanz-Mess- und -Trimm-Verfahrens) z.B. dadurch an die Impedanz der Signalleitungen angepasst werden, dass mittels einer - an sich bekannten - Laser-Fuse-Methode eine entsprechend gewählte Anzahl an -
15 bzw. entsprechend ausgewählte - Transistoren in der (jeweiligen) Treiber-Einrichtung 112 (insbesondere eine entsprechend gewählte Anzahl an - bzw. entsprechend ausgewählte - Transistoren in der Pull-Up-Schalteneinrichtung 113a, und eine entsprechend gewählte Anzahl an - bzw.
20 entsprechend ausgewählte - Transistoren in der Pull-Down-Schalteneinrichtung 113b) in einen „zugeschalteten“ Zustand gebracht werden (d.h. später dann beim regulären Betrieb des Halbleiter-Bauelements zum Treiben von Signalen verwendet werden), bzw. in einem „nicht zugeschalteten“ Zustand
25 belassen werden (d.h. später beim regulären Betrieb des Halbleiter-Bauelements nicht zum Treiben von Signalen verwendet werden).

Um zu bestimmen, welche bzw. wieviele Transistoren genau in
30 der entsprechenden Pull-Up- bzw. Pull-Down-Schalteneinrichtung 113a, 113b - mittels Laser-Fuse - in einen „zugeschalteten“ Zustand gebracht, und welche bzw. wieviele Transistoren in einem „nicht zugeschalteten“ Zustand belassen werden sollen (d.h. zum Einstellen des Treiber-Settings, und damit der
35 Ausgangsimpedanz) werden beim vorliegenden Ausführungsbeispiel - anders als beim Stand der Technik, und wie in Figur 3 durch die durchgezogenen Linien

veranschaulicht - zunächst (gesteuert von den Steuerungs-Einrichtungen 116a, 116b) sowohl die Pull-Up-Schalteneinrichtung 113a, als auch die Pull-Down-Schalteneinrichtung 113b aktiviert bzw. eingeschaltet, d.h. in
5 einen leitenden Zustand gebracht eingeschaltet. (- In den übrigen noch im Halbleiter-Bauelement 3b enthaltenen Treiber-Einrichtungen werden (jeweils unter Steuerung von den o.g. Steuerungs-Einrichtungen 116a, 116b entsprechenden Steuerungs-Einrichtungen) jeweils sämtliche Pull-Up- und
10 Pull-Down-Schalteneinrichtungen deaktiviert bzw. ausgeschaltet, d.h. in einen gesperrten Zustand gebracht -).

Wie in Figur 3 weiter gezeigt ist, kontaktiert bei der Treiber-Einrichtung 112 eine Vielzahl, insbesondere mehr als
15 zwei oder drei Kontakt-Nadeln (hier: die drei Kontakt-Nadeln 111a, 111b, 111c) den o.g. Versorgungsspannungs-Anschluß 115a, und eine Vielzahl, insbesondere mehr als zwei oder drei Kontakt-Nadeln (hier: die drei Kontakt-Nadeln 111d, 111e, 111f) den o.g. Erde-Anschluß 115b.

20 Die Kontakt-Nadeln 111a, 111b, 111c sind über eine oder mehrere der o.g., zwischen der Halbleiter-Bauelement-Test-Karte 8 und dem Testgerät 4 geführten Leitungen 7 an einen oder mehrere der o.g. Testgerät-Anschlüsse 6 angeschlossen,
5 und die Kontakt-Nadeln 111d, 111e, 111f über eine oder mehrere weitere der o.g. Leitungen 7 zwischen der Halbleiter-Bauelement-Test-Karte 8 und dem Testgerät 4 an einen oder mehrere weitere Testgerät-Anschlüsse 6 (siehe Figur 1).

30 Vom Testgerät 4 wird - unter Steuerung eines auf einer Testgerät-Speichereinrichtung 117 gespeicherten Test-Software-Programms - veranlasst, dass über die entsprechende(n) Leitung(en) 7, und die entsprechenden Kontakt-Nadeln 111a, 111b, 111c eine Versorgungsspannung Vddq
35 an den Versorgungsspannungs-Anschluß 115a angelegt wird.

Des weiteren wird vom Testgerät 4 - ebenfalls unter Steuerung des auf der Testgerät-Speichereinrichtung 117 gespeicherten Test-Software-Programms - veranlasst, dass der Erde-Anschluß 115b (über die entsprechenden Kontakt-Nadeln 111d, 111e, 111f, und die entsprechende(n) Leitung(en) 7) an die Erde angeschlossen wird (und der Ausgangs-Anschluß 115c - wie in Figur 3 durch die gestrichelten Linien veranschaulicht - deaktiviert wird (insbesondere weder mit der Erde, noch der Versorgungsspannung, noch einer sonstigen Spannungs- oder Signal-Quelle verbunden ist)).

Daraufhin wird - für alle möglichen Treiber-Settings bzw. Treiber-Einstellungen - die Stärke des vom entsprechenden Testgerät-Anschluß zum Versorgungsspannungs-Anschluß 115a, und dann (im wesentlichen über die Pull-Up-Schalteneinrichtung 113a und die Pull-Down-Schalteneinrichtung 113b (siehe Ausführungen unten)) zum Erde-Anschluß 115c, und schließlich zurück zum Testgerät 4 (bzw. zum entsprechenden Testgerät-Anschluß) fließenden Gesamt-Stroms I_{gesamt} gemessen (d.h. für alle denkbaren Kombinationen von - in der Pull-Up- und der Pull-Down-Schalteneinrichtung 113a, 113b - jeweils „zugeschalteten“, d.h. zum Treiben von Signalen verwendeten, und „nicht zugeschalteten“, d.h. nicht zum Treiben von Signalen verwendeten Transistoren (d.h. bei z.B. 16 möglichen Settings für die Pull-Up-Transistoren, und 16 möglichen Settings für die Pull-Down-Transistoren insgesamt für $16 \times 16 = 256$ verschiedene Treiber-Settings)).

Bevor (oder alternativ: nachdem) auf die oben beschriebene Weise mehrfach, z.B. 256 Mal - jeweils für verschiedene Treiber-Settings - der „Gesamt-Strom“ I_{gesamt} gemessen wird, wird - wie im folgenden noch genauer erläutert wird - der „Standby-Strom“ I_{standby} gemessen (siehe Ausführungen unten).

Hierzu werden - bei sämtlichen im Halbleiter-Bauelement 3b enthaltenen Treiber-Einrichtungen 112 - jeweils unter Steuerung entsprechender Steuerungs-Einrichtungen 116a, 116b

jeweils sämtliche Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtungen 113a, 113b deaktiviert bzw. ausgeschaltet, d.h. in einen gesperrten Zustand gebracht (und somit das Halbleiter-Bauelement 3b in einen Idle-/Clock-Stop-Zustand gebracht),
5 und daraufhin wiederum die Stärke des vom entsprechenden Testgerät-Anschluß zum Versorgungsspannungs-Anschluß 115a, und dann vom Erde-Anschluß 115c aus zurück zum Testgerät 4 (bzw. zum entsprechenden Testgerät-Anschluß) fließenden Stroms (Standby-Strom I_{standby}) gemessen.

10

Diese Messung ist notwendig, wenn - wie beim vorliegenden Ausführungsbeispiel - die zwischen dem Versorgungsspannungs-Anschluß 115a und dem Erde-Anschluß 115b nicht nur - wie in Figur 3 gezeigt - die o.g. Treiber-Einrichtungen 112 bzw.

15 Ausgangs-Anschlüsse 115c angeschlossen sind, sondern zusätzlich noch weitere - in Figur 3 nicht gezeigte - auf dem Halbleiter-Bauelement 3b vorgesehene Bauteile (die Versorgungsspannung V_{ddq} also nicht nur zur Versorgung der Treiber-Einrichtungen 112 bzw. der Ausgangs-Anschlüsse 115c,
20 d.h. als „Pad-Supply“ dient, sondern zudem noch zur Versorgung der o.g. weiteren, auf dem Halbleiter-Bauelement 3b vorgesehenen Bauteile, d.h. als „Chip-Power-Supply“).

Ist dies der Fall, fließt - auch im o.g. Idle-/Clock-Stop-Zustand - ein (allerdings geringer) Standby-Strom I_{standby} vom Versorgungsspannungs-Anschluß 115a aus durch die o.g. weiteren Halbleiter-Bauelement-Bauteile hindurch zum Erde-Anschluß 115b.

30 Dieser Standby-Strom I_{standby} muß zur - exakten - Ermittlung des (beim o.g. gleichzeitigen Aktivieren bzw. Einschalten von sowohl der Pull-Up- als auch der Pull-Down-Schalteneinrichtung 113a, 113b) tatsächlich durch die Pull-Up- und die Pull-Down-Schalteneinrichtung 113a, 113b selbst (und nicht etwa durch die
35 o.g. weiteren Halbleiter-Bauelement-Bauteile) fließenden Stroms vom auf die oben erläuterte Weise ermittelten Gesamt-Strom I_{gesamt} abgezogen werden.

Der - bei den o.g., unterschiedlichen Treiber-Settings -
jeweils durch die Pull-Up- und die Pull-Down-
Schalteinrichtung 113a, 113b selbst fließende (tatsächliche
5 (korrigierte)) Gesamt-Strom $I_{\text{gesamt, korrr}}$ ergibt sich somit zu:

$$I_{\text{gesamt, korrr}} = I_{\text{gesamt}} - I_{\text{standby}} \quad (\text{Formel (1)})$$

10 Aus den - für die jeweils unterschiedlichen Treiber-Settings
unterschiedlichen - ermittelten (korrigierten) Werten für den
durch die Pull-Up- und die Pull-Down-Schalteinrichtung 113a,
113b fließenden Gesamt-Strom $I_{\text{gesamt, korrr}}$, und der Höhe der
insgesamt an der Pull-Up- und der Pull-Down-Schalteinrichtung
113a, 113b anliegenden Spannung U_{gesamt} (hier: V_{ddq}) kann - für
15 das jeweilige Treiber-Setting - jeweils die Gesamt-Ausgangs-
Impedanz R_{gesamt} der Pull-Up- und der Pull-Down-
Schalteinrichtung 113a, 113b (bzw. der Treiber-Einrichtung
112) ermittelt werden, z.B. gemäß der Formel

$$20 \quad R_{\text{gesamt}} = U_{\text{gesamt}} / I_{\text{gesamt, korrr}} \quad (\text{Formel (2)}) \text{ bzw.}$$

$$R_{\text{gesamt}} = V_{\text{ddq}} / I_{\text{gesamt, korrr}} \quad (\text{Formel (2')})$$

5 Aus den o.g. (z.B. 256 verschiedenen) Treiber-Settings werden
jetzt diejenigen ausgewählt, bei denen die ermittelte
Gesamt-Ausgangs-Impedanz R_{gesamt} einem gewünschten Wert für die
Gesamt-Ausgangs-Impedanz $R_{\text{gesamt, soll}}$ entspricht (bzw. genauer
z.B. diejenigen Treiber-Settings, bei denen die ermittelte
Gesamt-Ausgangs-Impedanz R_{gesamt} höchstens um einen
30 vorbestimmten, geringen Prozentsatz oder Absolutbetrag von
der gewünschten Gesamt-Ausgangs-Impedanz $R_{\text{gesamt, soll}}$ abweicht,
oder eine vorbestimmte Anzahl an Treiber-Settings, bei denen
die ermittelte Gesamt-Ausgangs-Impedanz R_{gesamt} am nächsten an
der gewünschten Gesamt-Ausgangs-Impedanz $R_{\text{gesamt, soll}}$ liegt).

35

Die gewünschte Gesamt-Ausgangs-Impedanz $R_{\text{gesamt, soll}}$ kann aus den
jeweiligen Werten für die (gewünschte) Pull-Up-

Schalteinrichtungs-Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Up,soll}}$, und die (gewünschte) Pull-Down-Schalteinrichtungs-Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Down,soll}}$ ermittelt werden, und entspricht insbesondere der Summe dieser beiden Ausgangsimpedanz-Soll-Werte (d.h.

5 $R_{\text{gesamt,soll}} = R_{\text{Pull-Up,soll}} + R_{\text{Pull-Down,soll}}).$

Die (jeweils gewünschte bzw. einzustellende) Pull-Down-Schalteinrichtungs-Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Down,soll}}$ sollte möglichst gleich groß sein, wie die (jeweils gewünschte bzw. einzustellende) Pull-Up-Schalteinrichtungs-Ausgangsimpedanz $R_{\text{Pull-Up,soll}}$, so dass gilt $R_{\text{gesamt,soll}} = 2 \times R_{\text{Pull-Up,soll}}$ bzw. $R_{\text{gesamt,soll}} = 2 \times R_{\text{Pull-Down,soll}}.$

Beispielsweise kann - entsprechend identisch zu der Impedanz der jeweiligen Signalleitung - der gewünschte Wert für $R_{\text{Pull-Up,soll}}$ und $R_{\text{Pull-Down,soll}}$ z.B. 45 OHM betragen, und demzufolge der gewünschte Wert für $R_{\text{gesamt,soll}}$ z.B. 90 OHM.

In einem nächsten Schritt wird - für die o.g., ausgewählten Treiber-Settings, insbesondere für diejenigen Treiber-Settings, bei denen die ermittelte Gesamt-Ausgangs-Impedanz R_{gesamt} dem gewünschten Wert für die Gesamt-Ausgangs-Impedanz $R_{\text{gesamt,soll}}$ entspricht - bei entsprechend wie oben beschrieben gleichzeitig aktivierter bzw. eingeschalteter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteinrichtung 113a, 113b die am Ausgangs-Anschluß bzw. Ausgangs-Pad 115c anliegende Spannung U_{Ausgang} gemessen (und zwar, indem vom Testgerät 4 die zwischen der - den Ausgangs-Anschluß 115c kontaktierenden - Kontakt-Nadel 9b, und den - den Erde-Anschluß 115b kontaktierenden - Kontakt-Nadeln 111d, 111e, 111f (oder alternativ den - den Versorgungsspannungs-Anschluß 115b kontaktierenden - Kontakt-Nadeln 111a, 111b, 111c) - anliegende Spannung gemessen wird, d.h. direkt die Spannung U_{Ausgang} (oder alternativ die Spannung $V_{\text{ddq}} - U_{\text{Ausgang}})$).

35 Daraufhin wird - für die o.g., ausgewählten Treiber-Settings, insbesondere für diejenigen Treiber-Settings, bei denen die

ermittelte Gesamt-Ausgangs-Impedanz R_{gesamt} dem gewünschten Wert für die Gesamt-Ausgangs-Impedanz $R_{\text{gesamt,soll}}$ entspricht - dasjenige Treiber-Setting ausgewählt, bei dem die auf die oben beschriebene Weise gemessene Spannung U_{Ausgang} am

- 5 Ausgangs-Anschluß bzw. Ausgangs-Pad 115c möglichst nahe an einem jeweils gewünschten Ausgangsspannungs-Sollwert U_{soll} liegt.

Dieser Ausgangsspannungs-Sollwert U_{soll} sollte möglichst genau
10 zwischen dem gewünschten Spannungspegel bei einem - später, beim regulären Betrieb ausgegebenen - „logisch hohem“

Ausgangssignal (hier: ein Pegel von z.B. 1,8 V), und dem gewünschten Spannungspegel bei einem - später, beim regulären Betrieb ausgegebenen - „logisch niedrigen“ Ausgangssignal

- 15 (hier: ein Pegel von 0 V) liegen (z.B. bei 0,9 V).

Dadurch ist sichergestellt, dass $R_{\text{Pull-Up}}$ gleich groß ist, wie $R_{\text{Pull-Down}}$ (und damit $R_{\text{Pull-Up}}$ gleich groß, wie $R_{\text{Pull-Up,soll}}$, und $R_{\text{Pull-Down}}$ gleich groß, wie $R_{\text{Pull-Down,soll}}$).

20

Es ist nicht unbedingt notwendig, entsprechend wie oben beschrieben für alle 256 verschiedenen Settings den Strom zu messen. Denkbare Alternativen sind z.B.:

- Die Messungen (Strom und anschließend Spannung) werden
25 zunächst nur für "typische" Settings durchgeführt (z.B. die Pullup-Settings 7 bis 10 sowie die Pulldown-Setting 9 bis 13). Nur falls hier die Zielwerte nicht gefunden werden, werden auch andere Settings verwendet;

- Es werden zunächst die "symmetrischen" Settings
30 bestimmt, d.h. diejenigen Settings, bei denen Pullup und Pulldown gleich stark sind. Beispiel: Es wird das Pulldown-Setting 1 aktiviert, und dann (über eine Spannungsmessung am Pad) das zugehörige Pullup-Setting bestimmt. Daraufhin wird das Pulldown-Setting 2 aktiviert, und (über eine

- 35 Spannungsmessung am Pad) das zugehörige Pullup-Setting gesucht, etc. Anschließend wird aus diesen 16 Settings dasjenige ausgewählt, bei dem der Gesamtstrom über Pullup und

Pulldown gerade der gewünschten (doppelten) Ausgangsimpedanz entspricht.

Die oben beschriebenen Treiber-Setting-Auswahl-Verfahren
5 können - auf entsprechende Weise - z.B. für sämtliche beim Halbleiter-Bauelement 3b vorgesehene Treiber-Einrichtungen durchgeführt werden (d.h. jede einzelne Treiber-Einrichtung des Halbleiter-Bauelements 3b kann individuell kalibriert werden).

10

Alternativ kann das auf die o.g. Weise für eine bestimmte Treiber-Einrichtung 112 ausgewählte Treiber-Setting (ohne dass weitere, separate Messungen durchgeführt werden) für
mehrere, insbesondere sämtliche weitere, auf dem Halbleiter-
15 Bauelement 3b vorgesehene Treiber-Einrichtungen übernommen werden.

20

Bei einer weiteren Alternative wird zur Einstellung der Treiber-Settings keine (später, beim regulären Betrieb des Halbleiter-Bauelements 3b) tatsächlich zum Treiben von Signalen verwendete Treiber-Einrichtung 112 verwendet, sondern eine - lediglich zur Auswahl des Treiber-Settings gemäß dem oben erläuterten Verfahren - verwendete (entsprechend identisch wie die in Figur 3 aufgebaute) Test-
25 Treiber-Einrichtung (das anhand dieser Test-Treiber-Einrichtung ermittelte Treiber-Setting kann dann entsprechend für sämtliche, beim regulären Betrieb tatsächlich verwendete, auf dem Halbleiter-Bauelement 3b vorgesehene Treiber-Einrichtungen verwendet werden).

30

Eine derartige Test-Treiber-Einrichtung braucht nicht zwingend einen dem bei der in Figur 3 gezeigten Treiber-Einrichtung 112 vorgesehenen Ausgangs-Anschluß 115c entsprechenden Ausgangs-Anschluß aufweisen, sondern kann auch
35 ohne derartigen Ausgangs-Anschluß bzw. ohne Ausgangs-Pad ausgeführt sein (bzw. nicht mit einem derartigen Pad verbunden sein).

Statt - wie oben beschrieben - die Spannung U_{Ausgang} an einem entsprechenden Ausgangs-Anschluß bzw. Ausgangs-Pad 115c zu messen, kann dann die - dieser Spannung entsprechende -

- 5 Spannung U_{intern} über der Pull-Up- bzw. Pull-Down-Schalteneinrichtung gemessen werden, z.B. von einer - auf dem Halbleiter-Bauelement selbst - vorgesehenen Einrichtung (z.B. einem entsprechenden On-Chip-Spannungs-Komparator).
- 10 Da bei sämtlichen der o.g. Verfahren die entsprechende Spannung (U_{Ausgang} bzw. U_{intern}) stromlos (bzw. nahezu stromlos) gemessen wird, wird das Messergebnis durch eine - ggf. unkontrollierbare starke Verschmutzung z.B. der Kontakt-Nadel 9b - nicht (bzw. nur geringfügig) beeinflusst. Deshalb kann
- 15 mit den oben beschriebenen Verfahren die Ausgangsimpedanz der jeweiligen Treiber-Einrichtungen 112 mit größerer Genauigkeit eingestellt werden, als beim Stand der Technik.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen bzw. Trimmen der Impedanz von in einem Halbleiter-Bauelement (3b) vorgesehenen Treiber-
- 5 Einrichtungen, wobei eine jeweils eine Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) und eine Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) aufweisende Einrichtung (112), insbesondere Treiber-Einrichtung verwendet wird,
- d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das
- 10 Verfahren die Schritte aufweist:
- Gemeinsames Aktivieren sowohl der Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) als auch der Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b); sowie
 - Ermitteln des durch die Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a)

15 bzw. die Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) fließenden Stroms ($I_{\text{gesamt, korrr}}$) bei - gemeinsam - aktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b).
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Pull-Up- bzw.
- 20 Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b) an einen Versorgungsspannungs-Anschluß (115a) bzw. einen Erde-Anschluß (115) des Halbleiter-Bauelements (3a) angeschlossen sind, und das Verfahren zusätzlich die Schritte aufweist:
- Gemeinsames Deaktivieren von sowohl der Pull-Up-

25 Schalteneinrichtung (113a) als auch der Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b); sowie - Ermitteln des zwischen dem Versorgungsspannungs-Anschluß (115a) und dem Erde-Anschluß (115) fließenden Stroms (I_{standby}) bei - gemeinsam - deaktivierter Pull-Up- und Pull-Down-

30 Schalteneinrichtung (113a, 113b).
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Pull-Up- bzw. Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b) an einen Versorgungsspannungs-Anschluß (115a) bzw. einen Erde-
- 35 Anschluß (115) des Halbleiter-Bauelements (3a) angeschlossen sind, und das Verfahren zusätzlich die Schritte aufweist:

- Gemeinsames Aktivieren von sowohl der Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) als auch der Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b); sowie
- Ermitteln des zwischen dem Versorgungsspannungs-Anschluß (115a) und dem Erde-Anschluß (115) fließenden Stroms (I_{gesamt}) bei - gemeinsam - aktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b).

4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der bei - gemeinsam - aktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b) durch die Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) bzw. die Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) fließende Strom ($I_{\text{gesamt, korrr}}$) dadurch ermittelt wird, dass von dem bei - gemeinsam - aktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b) zwischen dem Versorgungsspannungs-Anschluß (115a) und dem Erde-Anschluß (115) fließenden Strom (I_{gesamt}) der bei - gemeinsam - deaktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b) zwischen dem Versorgungsspannungs-Anschluß (115a) und dem Erde-Anschluß (115) fließende Strom (I_{standby}) subtrahiert wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches zusätzlich die Schritte aufweist:

- Ermitteln der über der Pull-Up- und/oder Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b) abfallenden Spannung (U_{Ausgang} ; U_{intern}), insbesondere bei - gemeinsam - aktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b).

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei welchem einer oder mehrere der Verfahrensschritte mehrfach hintereinander - jeweils bei verschiedenen Settings von in der Pull-Up- bzw. Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b) enthaltenen Transistoren - durchgeführt werden.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches zusätzlich den Schritt aufweist:

- Ermitteln der Gesamt-Impedanz (R_{gesamt}) der Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b).

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei
5 welchem auf Basis der ermittelten Gesamt-Impedanz (R_{gesamt}) bzw. des ermittelten Stroms ($I_{\text{gesamt, kor}}$), und der ermittelten über der Pull-Up- und/oder Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b) abfallenden Spannung (U_{Ausgang} ; U_{intern}) dasjenige Setting ausgewählt wird, das beim regulären Betrieb des Bauelements
10 (3b) verwendet werden soll.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
die Einrichtung (112) eine Treiber-Einrichtung ist, die beim
regulären Betrieb des Halbleiter-Bauelements (3b) zum Treiben
15 von Ausgangs-Signalen verwendet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die
Einrichtung eine Test-Einrichtung ist, die beim regulären
Betrieb des Halbleiter-Bauelements (3b) nicht zum Treiben von
20 Ausgangs-Signalen verwendet wird.

11. Verfahren Anspruch 10, wobei die Test-Einrichtung mit
einer - auf dem Halbleiter-Bauelement (3b) selbst -
vorgesehenen Einrichtung verbunden ist, mit welcher die über
25 der Pull-Up- und/oder Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b) abfallende Spannung (U_{Ausgang} ; U_{intern}) ermittelt werden kann.

12. Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät (4) zum Durchführen
30 eines Verfahrens zum Messen bzw. Trimmen der Impedanz von in einem Halbleiter-Bauelement (3b) vorgesehenen Treiber-Einrichtungen nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei eine jeweils eine Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) und eine Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) aufweisende Einrichtung (112),
35 insbesondere Treiber-Einrichtung verwendet wird,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass das
Gerät (4) aufweist:

- Mittel zum gemeinsamen Aktivieren sowohl der Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) als auch der Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) im Halbleiter-Bauelement (3b); sowie

- 5 - Mittel zum Ermitteln des durch die Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) bzw. die Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) fließenden Stroms ($I_{\text{gesamt, kor}})$ bei - gemeinsam - aktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b).

- 10 13. Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät (4) nach Anspruch 12, wobei die Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) und die Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) dadurch vom Test-Gerät (4) aktiviert werden, dass eine auf dem Halbleiter-Bauelement (3b) vorgesehene Testmode-Schaltung so angesteuert wird, dass
15 diese eine Aktivierung der Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) und der Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) veranlasst.

14. Halbleiter-Bauelement-Test-System (1), mit einem Test-Gerät (4) nach Anspruch 12 oder 13, und mindestens einem
20 zu testenden Halbleiter-Bauelement (3b).

15. Halbleiter-Bauelement (3b), welches eine Testmode-Schaltung aufweist, welche - nach Empfang eines entsprechenden Ansteuer-Signals von einem Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät (4), insbesondere einem Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät (4) gemäß Anspruch 12 oder 13, eine gemeinsame Aktivierung von sowohl einer Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) als auch einer Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) einer Einrichtung (112),
30 insbesondere Treiber-Einrichtung, veranlasst.

Zusammenfassung

Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät, Halbleiter-Bauelement-Test-System und Halbleiter-Bauelement-Test-Verfahren zum Messen
5 und Trimmen der Ausgangsimpedanz von Treiber-Einrichtungen

Die Erfindung betrifft ein Halbleiter-Bauelement-Test-Gerät (4), ein Halbleiter-Bauelement-Test-System (1) und ein Halbleiter-Bauelement-Test-Verfahren, insbesondere ein
10 Verfahren zum Messen bzw. Trimmen der Impedanz von in einem Halbleiter-Bauelement (3b) vorgesehenen Treiber-Einrichtungen, wobei eine jeweils eine Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) und eine Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) aufweisende Einrichtung (112), insbesondere Treiber-
15 Einrichtung verwendet wird, und wobei das Verfahren die Schritte aufweist:
- Gemeinsames Aktivieren sowohl der Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) als auch der Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b); sowie
20 - Ermitteln des durch die Pull-Up-Schalteneinrichtung (113a) bzw. die Pull-Down-Schalteneinrichtung (113b) fließenden Stroms ($I_{\text{gesamt, korrr}}$) bei - gemeinsam - aktivierter Pull-Up- und Pull-Down-Schalteneinrichtung (113a, 113b).

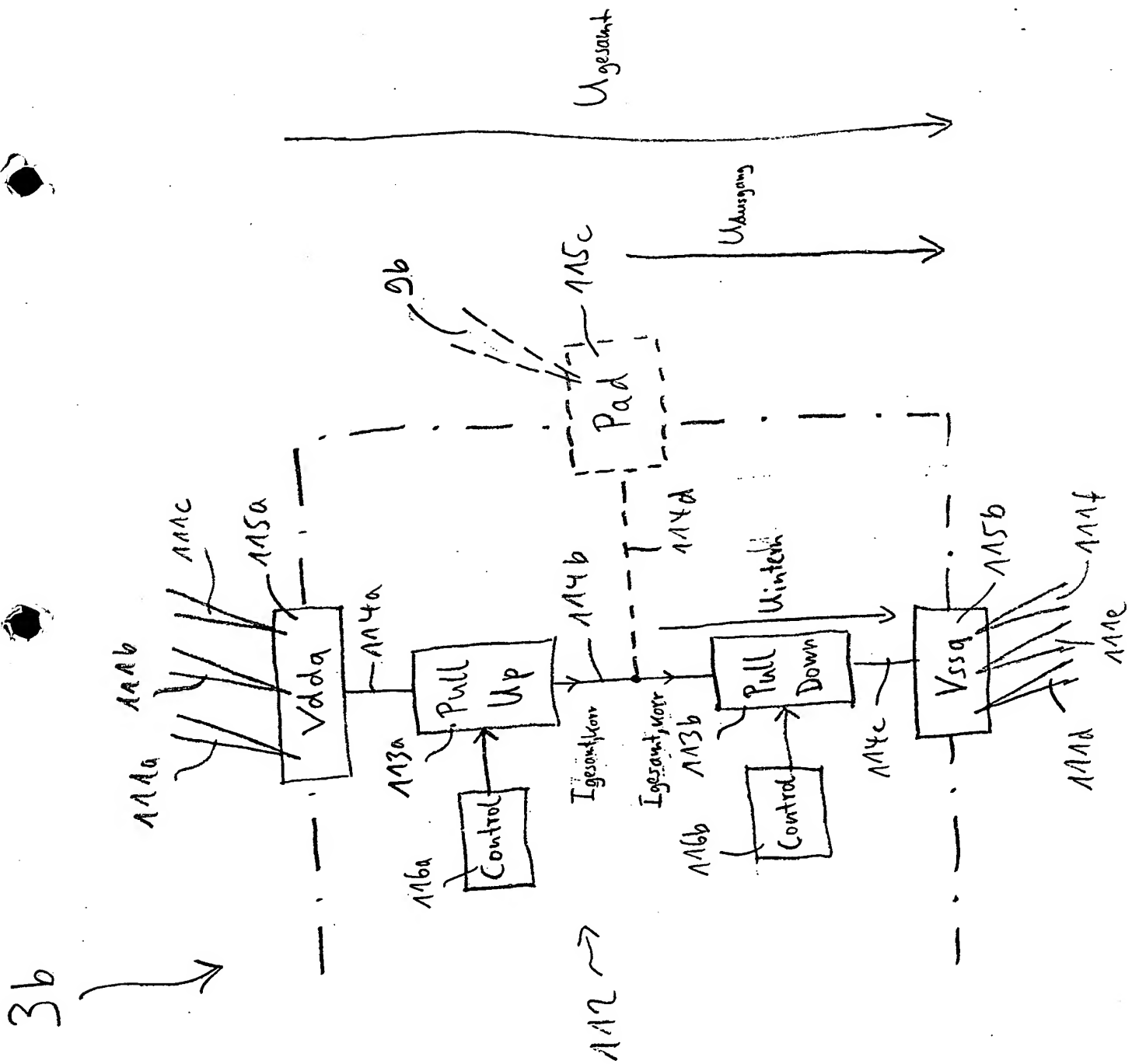
25 - Figur 3 -

Bezugszeichen

	1	Halbleiter-Bauelement-Test-System
	2	Wafer
5	3a	Halbleiter-Bauelement
	3b	Halbleiter-Bauelement
	3c	Halbleiter-Bauelement
	3d	Halbleiter-Bauelement
	3e	Halbleiter-Bauelement
10	3f	Halbleiter-Bauelement
	4	Testgerät
	6	Anschlüsse
	7	Leitungen
	8	Halbleiter-Bauelement-Test-Karte
15	9a	Kontakt-Nadel
	9b	Kontakt-Nadel
	10a	Halbleiter-Bauelement-Anschluss
	10b	Halbleiter-Bauelement-Anschluss
	11a	Kontakt-Nadel
20	11b	Kontakt-Nadel
	11c	Kontakt-Nadel
	12	Treiber-Einrichtung
	13a	Pull-Up-Schalteinrichtung
	13b	Pull-Down-Schalteinrichtung
25	14a	Leitung
	14b	Leitung
	14c	Leitung
	14d	Leitung
	15a	Versorgungsspannungs-Anschluß
30	15b	Erde-Anschluß
	15c	Ausgangs-Anschluß
	16a	Steuerungs-Einrichtung
	16b	Steuerungs-Einrichtung
	111a	Kontakt-Nadel
35	111b	Kontakt-Nadel
	111c	Kontakt-Nadel
	111d	Kontakt-Nadel

- 111e Kontakt-Nadel
- 111f Kontakt-Nadel
- 112 Treiber-Einrichtung
- 113a Pull-Up-Schalteinrichtung
- 5 113b Pull-Down-Schalteinrichtung
- 114a Leitung
- 114b Leitung
- 114c Leitung
- 114d Leitung
- 10 115a Versorgungsspannungs-Anschluß
- 115b Erde-Anschluß
- 115c Ausgangs-Anschluß
- 116a Steuerungs-Einrichtung
- 116b Steuerungs-Einrichtung
- 15 117 Testgerät-Speichereinrichtung

ZUSAMMENFASSUNG



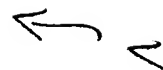
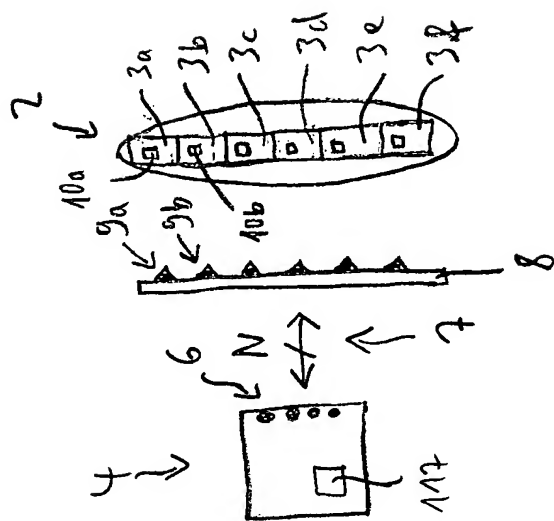


Fig. 1

3a

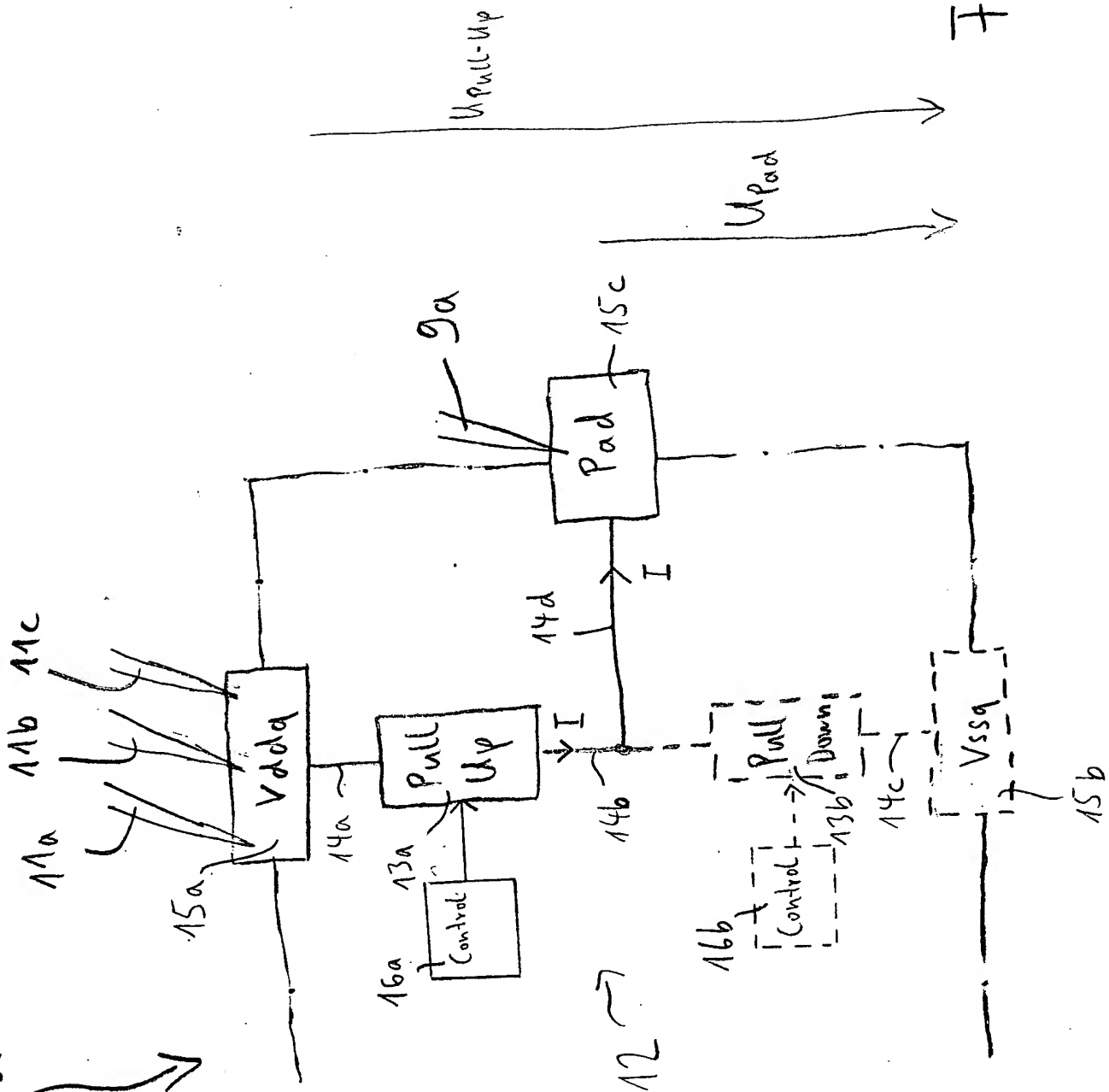


Fig. 2

3b

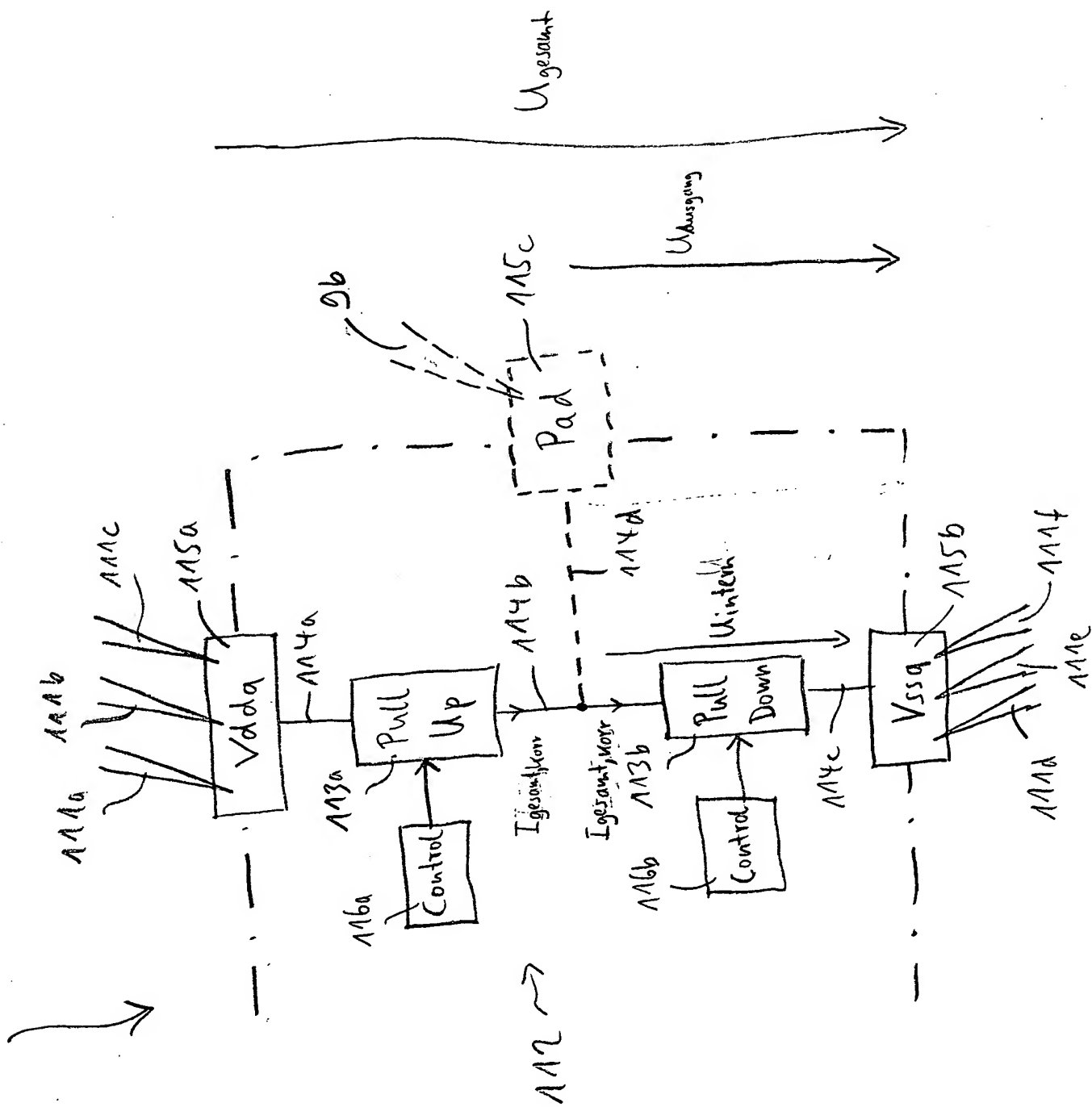


Fig. 3